



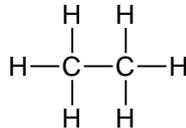
Organische Chemie - Kohlenwasserstoffe

1. Alkane

= gesättigte Kohlenwasserstoffe (alle C-Atome mit 4 Bindungspartnern „gesättigt“), allg. Formel C_nH_{2n+2}

Beispiel: Ethan

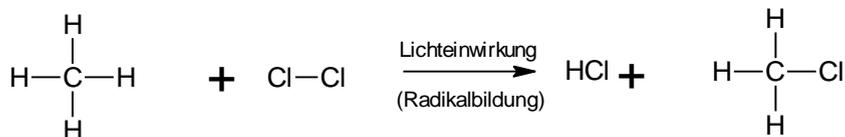
Valenzstrichformel:



Propan (Halbstrukturschreibweise):



- Die **Bindungswinkel** um den Kohlenstoff betragen jeweils **109,5° (Tetraeder)**.
- Nur C-C und C-H Bindungen, daher **unpolare** Moleküle.
- **Siedepunkte:** Mit zunehmender Größe der Alkane steigt der Siedepunkt, da nur die van der Waals-Kräfte wirken und bei größeren Molekülen die Möglichkeit zur Bildung der temporären Dipole entsprechend günstiger ist.
- **Löslichkeit** gemäß „Ähnliches löst sich in Ähnlichem“ in Wasser sehr schlecht, gute Löslichkeit dagegen in unpolaren Lösungsmitteln!
- **Reaktionen:**
 - a) Verbrennung mit Sauerstoff zu Kohlenstoffdioxid und Wasser.
 - b) Radikalische Substitution: Ersatz eines oder mehrerer H-Atome durch z.B. ein Halogenatom. Radikale können z.B. durch Einwirkung von Licht auf Chlor erzeugt werden. Bei der Reaktion mit Methan entsteht Chlormethan und Chlorwasserstoff (Nachweismöglichkeit durch die Säureeigenschaft!) und viele weitere Produkte durch doppelte oder dreifache Substitution und Kettenabbruchreaktionen.



Mechanismus: siehe z.B. www.chemgapedia.de ;

Säurenachweis der entstehenden HCl durch Indikator möglich!

- Nomenklatur: (IUPAC) [vgl. auch separate Übersicht zur Nomenklatur!](#)

1. Suche nach der längsten Kette der Kohlenstoffatome (=Hauptkette).
2. Der Name des Alkans, das die Hauptkette bildet, liefert den Stammnamen mit der Endung **-an**.
3. Die Kohlenstoffatome werden nummeriert, beginnend mit dem Ende, das einer Verzweigung (= Seitenkette) am nächsten liegt. (Möglichst kleine Zahlen im Namen!)
4. Die Seitenketten werden als Alkylreste bezeichnet (Methyl-, Ethyl-, Propyl-,...) und dem Stammnamen vorangestellt
5. Die Lage der Seitenkette wird durch die Nummer des Kohlenstoffatoms, mit welchem sie verbunden ist angegeben.
6. Treten gleiche Seitenketten mehrfach auf, wird das entsprechende griechische Zahlwort (di-, tri-, tetra-, penta-) verwendet und der Bezeichnung der Seitenkette vorangestellt.
7. Unterschiedliche Seitenketten werden alphabetisch nach dem Stammnamen der Alkylreste geordnet.

- **Isomerie**

=mehrere Verbindungen haben trotz gleicher Summenformel einen unterschiedlichen Molekülbau und infolgedessen unterschiedliche (physikalische und chemische) Eigenschaften.

Konstitutionsisomerie = gleiche Summenformel aber unterschiedliche Verknüpfungsreihenfolge der Atome (=Konstitution) z.B. Butan / 2-Methylpropan



2. Alkene

= ungesättigte Kohlenwasserstoffe mit Doppelbindungen, allg. Formel C_nH_{2n}

Zusätzlich zu den einfachen C-C bzw. C-H -Bindungen treten bei den Alkanen noch **Doppelbindungen** auf. Durch die zusätzliche Bindung können sich die C-Atome nicht mehr umeinander drehen, dadurch tritt eine spezielle Form von Isomerie auf:

- **Nomenklatur:** die Elementatome mit der größten Masse liegen auf der gleichen Seite = Z (zusammen) oder sie liegen auf verschiedenen Seiten = E (entgegengesetzt).

⇒ Siehe auch Kapitel Isomerie/Nomenklatur.

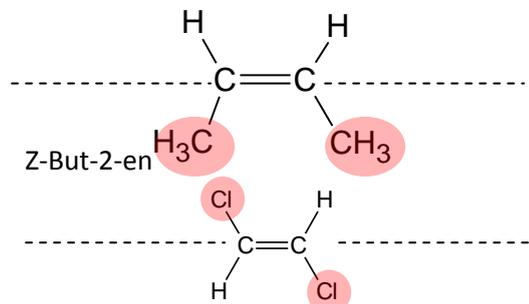
Silbe „en“ kennzeichnet das Vorhandensein von Doppelbindungen. („-dien, -trien,... bei mehreren Doppelbindungen), die Position der Doppelbindung wird durch die entsprechende Nummer angegeben (z.B. But-2-en).

E/Z-Isomerie:

Beispiele:

Ethen: $H_2C=CH_2$

E-1,2-dichlorethen



„E“ bedeutet, die Substituenten an der Doppelbindung mit **höherer Priorität** (größere Ordnungszahl des Elements) liegen **entgegengesetzt** auf zwei verschiedenen Seiten der Doppelbindung.

„Z“ bedeutet, die Substituenten an der Doppelbindung mit **höherer Priorität** liegen **zusammen** auf einer Seite der Doppelbindung.

- **Molekülbau/Struktur :**

Typischer **Bindungswinkel** an der Stelle mit der Doppelbindung ist **120° (trigonal-planare Struktur)**

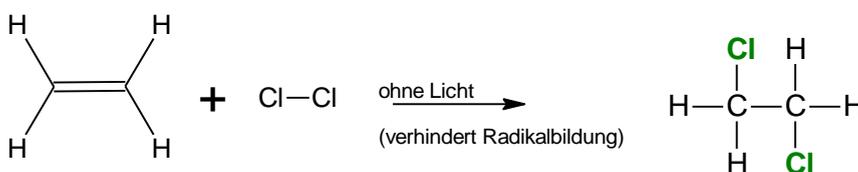
- **Siedepunkte/Löslichkeit:** Durch den „Knick“ in der C-Kette und die fehlenden H-Atome haben Alkene niedrigere Siedepunkte als das entsprechende Alkan. Auch hier wirken nur van der Waals-Kräfte bzw. lösen sich Alkene in unpolaren Lösungsmitteln.

- **Reaktionen:**

a) Verbrennung mit Sauerstoff zu Kohlenstoffdioxid und Wasser.

b) Elektrophile Addition:

Die elektronenreiche zweite Elektronenpaarbindung der Doppelbindung kann leicht durch **Elektrophile** (=elektronensuchende Teilchen) angegriffen werden. Dabei entsteht z.B. ein gesättigter Halogenkohlenwasserstoff. Da zwei Moleküle dabei zu einem werden, spricht man von einer **Additionsreaktion!**



Mechanismus: siehe z. B. <http://www.chempage.de/theorie/elektrophadd.htm>

- c) Radikalische Substitution: Auch Alkene können gemäß der radikalischen Substitution reagieren. Dies erfolgt dann an C-Atomen in Nachbarschaft zur Doppelbindung.





3. Alkine

= Kohlenwasserstoffe mit **Dreifachbindungen**, allg. Formel C_nH_{2n-2}

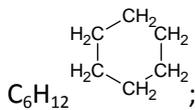
Durch eine σ -Bindung und zwei π -Bindungen kommt es zur Dreifachbindung, alle vier Atome liegen auf einer Linie (**180°-Winkel, lineare Struktur**)

Ethin: $H-C\equiv C-H$

- Reaktionen: Verbrennung zu CO_2 und H_2O und doppelte elektrophile Addition möglich (siehe Alkene)!
- Eigenschaften: ähnlich der Alkane (unpolar, geringe vdW-Kräfte, unpolar)

4. Cycloalkane:

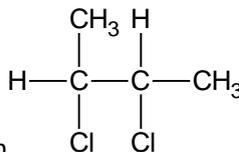
„Cyclo“ bedeutet, es liegt eine ringförmige Verknüpfung vor. Beispiel Cyclohexan



Auch hier allg. Formeln C_nH_{2n+2} (vgl. Alkane!)

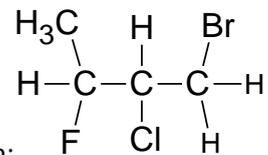
5. Halogenalkane, -Alkene, -Alkine:

siehe oben, nur dass mindestens ein H-Atom durch ein Halogen (F, Cl, Br, I) ersetzt ist.



Beispiel: 2,3 Dichlorbutan

1-Brom-2-chlor-3-fluorbutan:



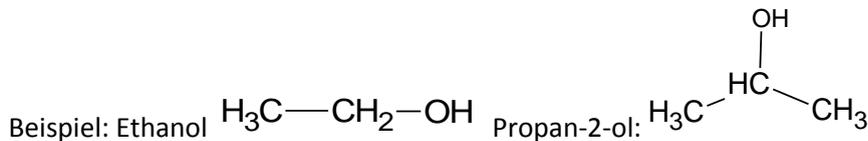
Nomenklatur: alphabetische Sortierung der Substituenten beachten, möglichst kleine Nummern bei Nummerierung!

Durch die polare Bindung (Cl-C oder F-C) bilden sich häufig **Dipolmoleküle** die entsprechend höhere **Siedepunkte** haben als die entsprechenden Alkane. Durch z.B. Brom und Iod (große Atome!) steigen die van der Waals Kräfte. Auch die Löslichkeit in polaren Lösungsmitteln wird entsprechend beeinflusst. \Rightarrow siehe Zusammenfassung zwischenmolekulare Anziehungen in Jgst. 9



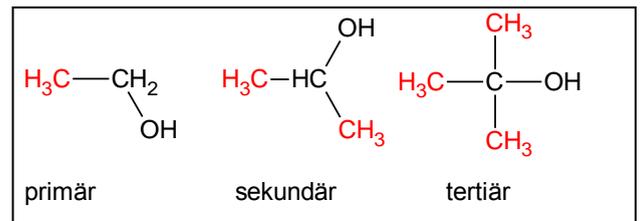
6. Alkanole = Alkohole:

Moleküle mit mindestens einer Hydroxy-Gruppe „-OH“:



- **Einteilung der Alkanole:**

primär/sekundär/tertiär:



Primäre Alkanole haben ihre OH-Gruppe an einem C-Atom an dem nur ein weiteres C-Atom hängt.

Sekundäre Alkanole haben ihre OH-Gruppe an einem C-Atom, an dem genau zwei weitere C-Atome hängen.

Tertiäre Alkanole haben ihre OH-Gruppe an einem C-Atom, an dem genau drei weitere C-Atome hängen.

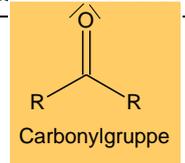
- **Nomenklatur:**

vgl. bisherige Ausführungen zur Nomenklatur. Die Position der Hydroxygruppen wird durch Nummern gekennzeichnet. Z.B. Butan-2-ol, Pentan-1,3-diol,...

- **Siedepunkte/Löslichkeit:** Durch die polare C-O-H Gruppe (gewinkelter Bau) wird ein Teil des Moleküls polar (**Dipolstruktur**) und außerdem sind **Wasserstoffbrückenbindungen** möglich, daher haben Alkanole deutlich höhere Siedepunkte als die entsprechenden Alkane und sie lösen sich auch in polaren Lösungsmitteln. Je nach Größe der C-Kette und Anzahl der OH-Gruppen überwiegt der unpolare oder polare Charakter des Moleküls!

- **Reaktionen:**

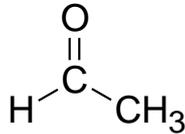
- Alkanole können zu Kohlenstoffdioxid und Wasser **verbrannt** werden. Je länger die C-Kette, desto schwerer ist es den Alkanol zu entzünden (höherer Siedepunkt, führt zu höherem Flammpunkt!)
 - Alkanole können **oxidiert** werden, dabei entstehen je nach Alkohol und Reaktionsbedingungen \Rightarrow Aldehyde (bei primären Alkanolen), \Rightarrow Ketone (bei sekundären Alkanolen) oder \Rightarrow Carbonsäuren (bei primären Alkanolen).
-



7. Carbonylverbindungen:

a. Alkanale = Aldehyde :

Moleküle mit einer Carbonylgruppe an einem **Kettenende** R-CHO



Ethanal:

(C=O Gruppe immer an Position „1“, daher keine Nummerierung notwendig!)

Die Carbonylgruppe erzeugt in der entsprechenden Verbindung eine polare Gruppe, dadurch entstehen i.d.R. Dipole, so dass der **Siedepunkt** durch die permanenten **Dipol-Dipolanziehungen** erhöht ist.

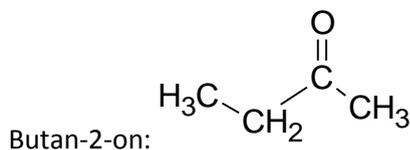
(Siedepunkt vergleichbarer Alkanole ist höher, da hier auch noch Wasserstoffbrückenbindungen auftreten!)

Bindungswinkel der Carbonylgruppe **120°**

• Reaktionen:

- Die Carbonylgruppe kann noch zur Carbonsäure (s.u.) **oxidiert** werden, daher ist z.B. die Fehling¹-Probe positiv! Außerdem kann man ein Aldehyd zum entsprechenden Alkohol **reduzieren** in dem man es hydriert (z.B. mit Katalysator u. Wasserstoff)
- Verbrennung zu CO₂ und Wasser
- Fehlingprobe (Reduktion von Cu²⁺ zu Cu₂O im Alkalischen, roter Niederschlag)
- Silberprobe (Reduktion von Ag⁺ zu Ag, Bildung eines Silberspiegels)

b. Alkanone = Ketone: Moleküle mit einer Carbonylgruppe in der Kette



Siedepunkte: siehe Alkanale

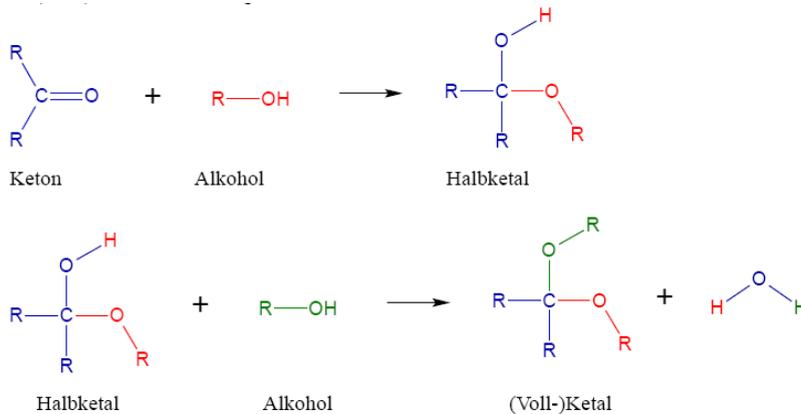
• Reaktionen:

kann mit milden Oxidationsmitteln **nicht** weiter **oxidiert** werden (dafür müssten C-C-Bindungen gebrochen werden!), daher negative Fehlingprobe. Reduktion zum Alkohol ist möglich (siehe Aldehyde), Verbrennung zu CO₂ und H₂O ist möglich.

¹ Fehlingprobe: Kupfer(II)-sulfatlösung und Kaliumnatriumtartratlösung werden im Alkalischen mit der Prüfsubstanz zusammen gegeben: Roter Niederschlag von Cu₂O Kupfer(I)-oxid weist die Aldehydgruppe nach

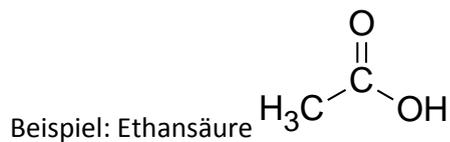
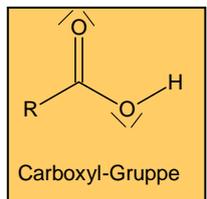


- Nucleophile Addition: Die Carbonylgruppe kann von **Nucleophilen** (Teilchen, die positive Ladung suchen) angegriffen werden, sie addieren an die Doppelbindung.



8. Carbonsäuren:

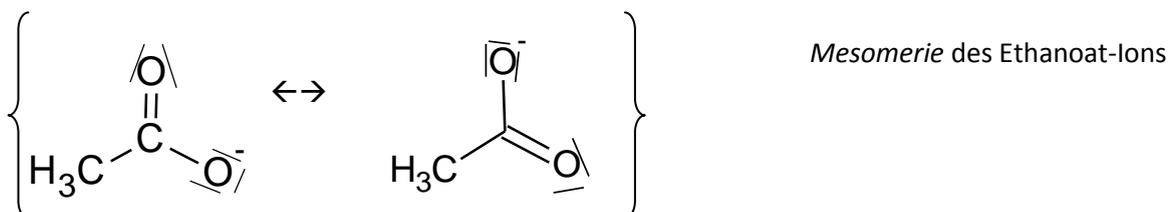
An einem Kettenende befindet sich die Carbonsäuregruppe = Carboxylgruppe R-COOH
 Die Carboxylgruppe: R-COOH vereint die Carbonylgruppe mit der Hydroxy-Gruppe.



- **Siedepunkte:** Durch die COOH-Gruppe können die Carbonsäuremoleküle - da sie räumlich genau zueinander passen – sehr gute **Wasserstoffbrückenbindungen** zueinander ausbilden. Durch die dadurch entstehenden **Doppelmoleküleinheiten** sind die van der Waals-Kräfte zusätzlich erhöht, da doppelt so große Einheiten entstehen. Daher haben sie vergleichsweise sehr hohe Siedepunkte.
- **Säureeigenschaft:** Durch das zweite Sauerstoffatom (C=O) in Nachbarschaft zur Hydroxy-Gruppe (-OH) wird die Bindung zum Wasserstoff sehr geschwächt, dadurch kann leicht ein Proton (H^+) abgegeben werden. Daher wirken die Carbonsäuren als **Säure** (=Protonendonator). Wenn ein Proton abgegeben wird, entstehen die entsprechenden Alkanoate (Anionen der Carbonsäure), z.B.

Anion der Ethansäure:

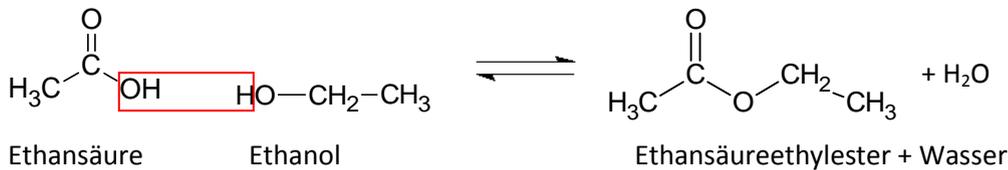
Anion der Ethansäure: Ethanoat



die negative Ladung kann durch **Mesomerie** stabilisiert werden, beide O-Atome tragen einen Teil der negativen Ladung, in der Zeichnung stellt man dies durch zwei Grenzstrukturformeln dar, der Realzustand liegt irgendwo dazwischen!

9. Carbonsäureester

Ester sind Verbindungen, die durch eine Reaktion von einer Carbonsäure mit einem Alkohol entstehen. Dabei wird pro Ester ein Wassermolekül entfernt. Es handelt sich um eine Gleichgewichtsreaktion, d.h. Durch das Entfernen von Wasser oder des Esters kann man das Gleichgewicht auf die Produktseite „ziehen“.



Allgemein: Säure + Alkohol \rightleftharpoons Ester + Wasser

Es handelt sich um eine Kondensationsreaktion = Verbindung zweier Moleküle unter Abspaltung eines kleineren (z.B. H_2O , NH_3 , HCl)

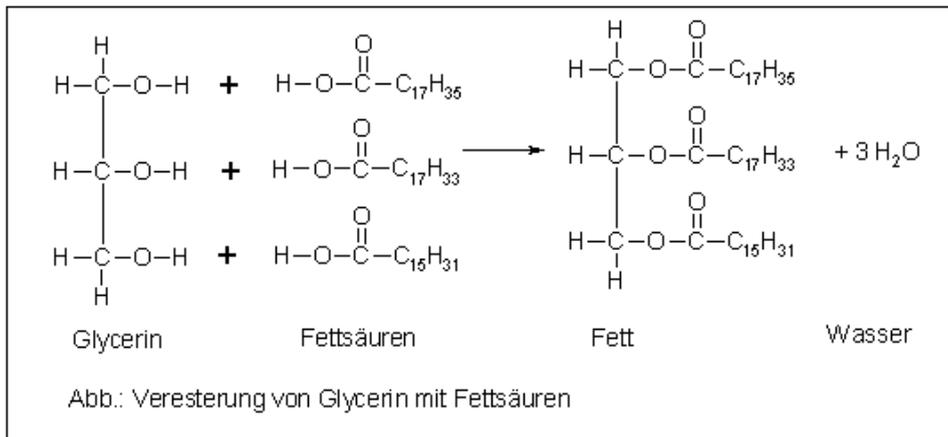
Ester kann man durch Behandlung mit Lauge und Wasser (kochen) spalten, dabei entsteht der Alkohol und die entsprechenden Fettsäure-Anionen (bzw. deren Salze z.B. $\text{K}^+ \text{RCOO}^-$)

Beispiele: Bei Fetten ist Glycerin (ein dreiwertiger Alkohol mit drei OH-Gruppen) mit drei Fettsäuren verestert, durch **Verseifung** von Fetten erhält man die entsprechende Seife.

10. Biomoleküle

a. Fette

Fette sind Ester zwischen dem dreiwertigen Alkohol Glycerin (Propan-1,2,3-triol) und drei meist verschiedenen Fettsäuren.



- Physikalische Eigenschaften:

- Natürliche Fette sind keine Reinstoffe → sie weisen keinen Schmelzpunkt, sondern einen Schmelzbereich auf.
- Mit steigender Kettenlänge und abnehmender Anzahl an Doppelbindungen steigt der Schmelztemperaturbereich.
- Feste Fette enthalten hohe Anteile langer und gesättigter Fettsäuren, während die Fettsäuren in den Ölen überwiegend ungesättigt (essentiell) sind.

- Chemische Eigenschaften:

Fette lassen sich wie alle Ester spalten durch Hydrolyse (=Spaltung unter Wasseranlagerung). Die alkalische Hydrolyse eines Fettes bezeichnet man als Verseifung. Die dabei entstehenden Alkalisalze der Fettsäuren nennt man Seifen.

b. Kohlenhydrate

- Einteilung:

Nach der Anzahl z der Bausteine (Monomeren) lassen sich die Kohlenhydrate (die auch als Saccharide bezeichnet werden) in vier Gruppen einteilen:

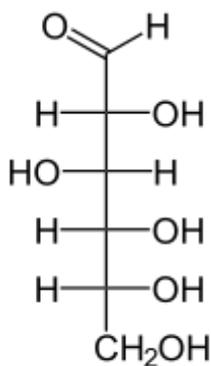
- Monosaccharide (Einfachzucker) $z=1$
- Disaccharide (Zweifachzucker) $z=2$
- Oligosaccharide (Mehrfachzucker) $z=3, \dots, 10$
- Polysaccharide (Vielfachzucker) $z= 11, \dots, 100000$

- **Monosaccharide:**

Beispiel: Glucose

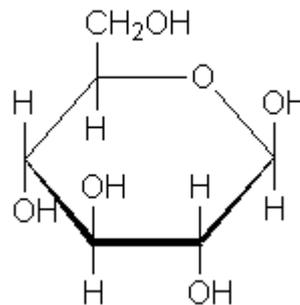
Glucosemoleküle liegen sowohl als offenkettige Moleküle (Aldehydgruppe \rightarrow positive Fehling-Probe) als auch in Ringform vor.

Der Übergang von der Ketten- in die Ringform erfolgt als nukleophile Addition zwischen dem ersten C-Atom der Aldehydgruppe und der Hydroxylgruppe am fünften C-Atom (Intramolekulares Halbacetal)



D-Glucose

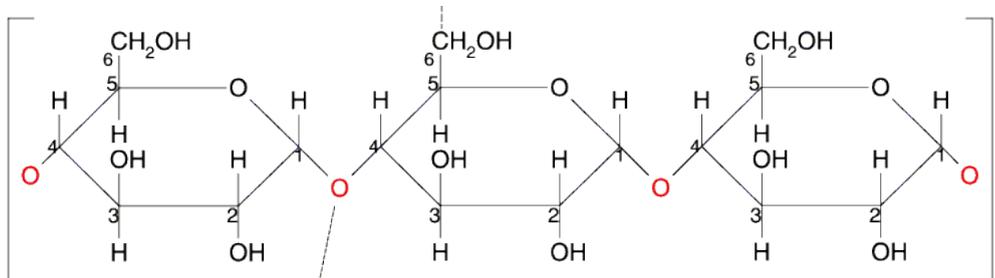
(offenkettige Form, Fischerprojektion)



β -D-Glucose in der Ringform (Haworth-Projektion)

- Polysaccharide:

Beispiel: Stärke

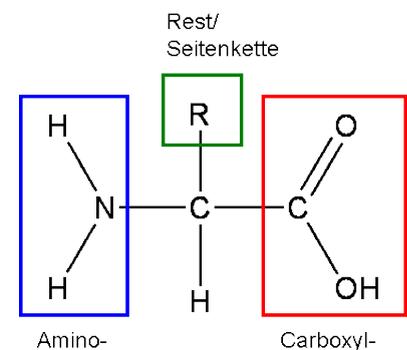


Polysaccharid, das zu ca. 20 % aus Amylose (wasserlösliche Stärke) und zu ca. 80% aus Amylopektin (wasserunlösliche Stärke) besteht.

Bei der Bildung der Amylose reagieren einige hundert α -D-Glucose-Moleküle unter Wasser- abspaltung (Polykondensation).

Das Makromolekül bildet eine schraubig gewundene, unverzweigte Kette (\rightarrow Helix) und zeigt mit Lugolscher Lösung (Iod-Kaliumiodid-Lösung) eine charakteristische Blaufärbung (Nachweis-Reaktion)

c. Aminosäuren und Proteine





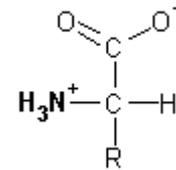
Amino(carbon)säuren(AS)

- Bausteine der Proteine
- AS enthalten zwei funktionelle Gruppen: die Carboxy- und die Aminogruppe, sie unterscheiden sich in der Struktur des Rests.

- Eigenschaften:

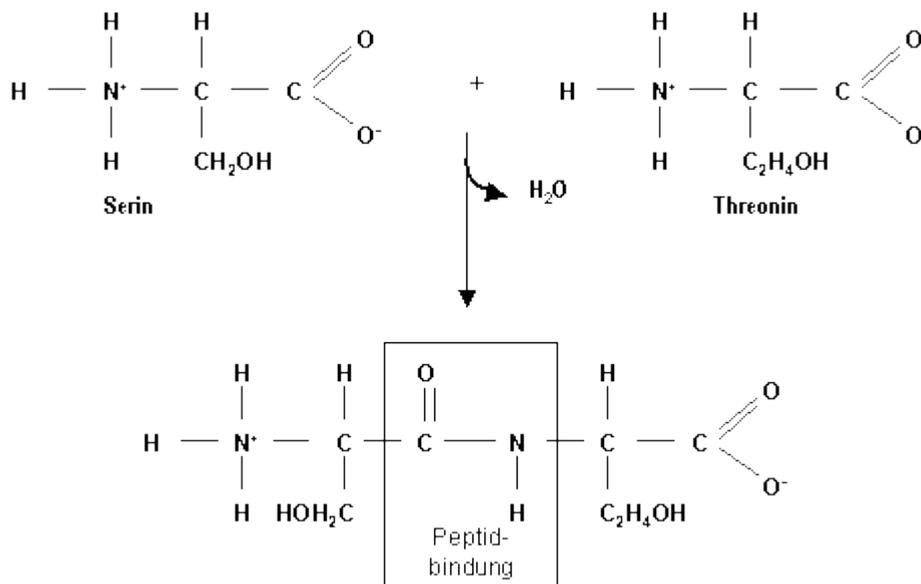
salzartiger Charakter, da sich Zwitterionen (s. rechts) bilden:

⇒ kristalline Feststoffe, die sich beim Erhitzen zersetzen ohne zu schmelzen, i.d.R. gute Wasserlöslichkeit (kann durch pH-Änderung noch verbessert werden)



- wichtigste Reaktion: Peptidbindung (eine Kondensationsreaktion)

Die Bindung zwischen zwei AS-Molekülen entsteht, indem die Carboxygruppe des einen Moleküls mit der Aminogruppe des anderen Moleküls reagiert. Die dabei entstehende Atomgruppierung **-CO-NH-** nennt man **Peptidgruppe**.



- Durch Verknüpfung vieler AS entstehen Polypeptide (bis ca. 100 AS)
- Sind mehr als 100 AS miteinander verknüpft, spricht man von Proteinen (Eiweißen)

Proteine

- Primärstruktur: Reihenfolge der AS-Bausteine (AS-Sequenz), die Struktur und Funktion des Proteins bestimmt. (Die Reihenfolge ist in der DNA codiert!)
- Sekundärstruktur: Räumliche Struktur (weitere Faltung), die den Bau eines Proteins bestimmt und vorwiegend durch Wasserstoffbrückenbindungen bewirkt wird; man unterscheidet die schraubenförmige Anordnung (Helix) von der Faltblattstruktur
- Tertiärstruktur: Räumliche Anordnung der Helix- bzw. Faltblattstruktur